

# **Red de Acceso Radio para el Sistema de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación (UMTS)**

Anna Umbert, Pilar Díaz

Grupo de Comunicaciones Radio

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones (D4 Campus Nord)

Universitat Politècnica de Catalunya, C/. Jordi Girona 1-3, 08034 Barcelona

Tel. 93 401 71 95 e-mail: annau@tsc.upc.es, pilar@tsc.upc.es

Área temática I : Sistemas y Tecnologías de Radiocomunicaciones

## **RESUMEN**

Una de las principales actividades que actualmente se están realizando en el mundo de las telecomunicaciones es la estandarización del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación. Puesto que el futuro sistema deberá ofrecer gran diversidad de servicios utilizando una técnica de acceso al medio por división en código, este proceso está resultando muy complejo. En este contexto, el presente artículo<sup>1</sup> presenta un emulador de la red de acceso radio para el sistema de tercera generación UMTS, que permite analizar el impacto de la interfaz radio en los diferentes protocolos que se quieren usar.

## **1.- INTRODUCCIÓN**

En los futuros sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación un aspecto muy importante será la integración de los servicios de paquetes de datos con el resto de servicios. Con la introducción de estos sistemas de tercera generación se ampliarán los servicios ofrecidos por el sistema, añadiendo capacidades multimedia a las comunicaciones móviles. Durante algún tiempo se dudó de la aceptación de los servicios que no son de voz por parte de la mayoría del mercado. Sin embargo, el importante crecimiento de Internet y de las técnicas y protocolos basados en Internet para ofrecer servicios multimedia de manera global, hace prever una buena aceptación de estos servicios. Además de la aceptación de los servicios multimedia por parte del gran mercado, el aspecto de mayor interés en la actualidad consiste en encontrar tecnologías capaces de ofrecer estos servicios de manera eficiente.

Con el gran crecimiento de Internet, paralelo al gran crecimiento de la telefonía móvil, proporcionar capacidades multimedia a las comunicaciones móviles es equivalente a proporcionar un buen acceso a Internet a los usuarios móviles [1].

Además la tendencia actual de las telecomunicaciones está enfocada a ofrecer un conjunto diversificado de servicios personalizados a cualquier persona, en cualquier lugar, en cualquier momento, pero no a cualquier precio. Los límites entre las telecomunicaciones, la tecnología de la información y los servicios de entretenimiento están desapareciendo, y los usuarios pueden combinar los servicios ofrecidos por varios operadores. Un mercado a escala mundial liberalizado y la rápida introducción de los servicios móviles de segunda generación, especialmente el sistema GSM, han llevado a la conclusión de que una red de acceso radio y una única red troncal estandarizada no son una solución realista. La flexibilidad y la opción de elegir son dos aspectos clave de los sistemas de comunicaciones de tercera generación.

El principal problema de los sistemas de comunicaciones móviles es el acceso radio, y para los sistemas de tercera generación resulta de vital importancia investigar el impacto de este acceso en los protocolos usados por los servicios de paquetes.

---

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido financiado por el *Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació* de la Generalitat de Catalunya, y por el proyecto del la CICYT TIC98 – 0684.

Con el objetivo de evaluar este impacto se ha diseñado un emulador de la red de acceso radio. Este emulador permitirá cambiar diferentes parámetros y analizar el impacto de las diferentes configuraciones de la red de acceso radio en los protocolos y aplicaciones de niveles superiores.

A continuación se describen las principales características del sistema de tercera generación que se ha considerado, y dos posibles alternativas para la pila de protocolos. Posteriormente se presenta la metodología de diseño y el diseño del emulador. Finalmente se presentan algunos ejemplos del diseño, y las conclusiones sobre la utilidad de este trabajo en el proceso de estandarización del futuro sistema de tercera generación.

## **2.- SISTEMA DE TERCERA GENERACIÓN UMTS**

Los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación están actualmente en fase de estandarización bajo el concepto de IMT-2000 (International Mobile Telecommunications for the year 2000) en ITU y de UMTS en ETSI.

### **2.1.- Características generales de UMTS**

La banda de frecuencias que usa el UMTS es la que está definida para IMT-2000 de la ITU. Esta banda fue definida por la WARC92 (World Administrative Radio Conference in the year 1992), y determina un espectro mínimo de 230 MHz en la banda de los 2GHz. La banda incluye tanto las comunicaciones terrestres como las comunicaciones por satélite.

El sistema de acceso que usa UMTS es DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access) con un ensanchamiento (*spread*) de la información en un ancho de banda de unos 5 MHz. Por esa razón se le llama habitualmente Wideband CDMA (WCDMA).

Para el acceso radio terrestre del UMTS (UTRA) se ha definido dos modos diferentes: UTRA FDD (Frequency Division Duplex) y UTRA TDD (Time Division Duplex). La posibilidad de trabajar en FDD y en TDD permite un uso más eficiente del espectro disponible. Estos modos se definen de la siguiente manera:

- FDD: es un método dúplex en el cual las transmisiones del enlace descendente (downlink) y del enlace ascendente (uplink) usan dos frecuencias radio separadas. UTRA FDD usa las siguientes bandas:  
1920-1980 MHz para el ascendente  
2110-2170 MHz para el descendente
- TDD: es un método dúplex en el cual las transmisiones del enlace descendente (downlink) y del enlace ascendente (uplink) usan la misma frecuencia radio pero cada una durante un intervalo de tiempo. UTRA TDD usa las siguientes bandas: 1900 – 1920 MHz y 2010 – 2025 MHz.

El espaciado entre los canales es de 5 MHz.

En UTRA TDD hay una componente TDMA (Time Division Multiple Access) además de la DS-CDMA. Por eso este acceso también se ha referenciado como TDMA/CDMA.

La velocidad de chip es de 3.84 Mcps. El tiempo de duración de una trama es de 10 ms, y cada trama está dividida en 15 slots (2560 chips/slot a velocidad de chip de 3.84 Mchps). Un canal físico se define como un código (o número de códigos) y adicionalmente en el modo TDD la secuencia completa de slots temporales que define el canal físico.

La velocidad de la información del canal varía con la velocidad de símbolo, y se deriva de la velocidad de chip 3.84 Mcps y del factor de ensanchado (spreading factor). Los *spreading factors* varían de 256 hasta 4 para el *uplink* de FDD, de 512 a 4 para el *downlink* FDD, y de 16 a 1 para TDD. En consecuencia las velocidades de modulación, sin multicódigo, oscilan entre 960 k símbolos/s y 15 k símbolos/s para FDD, y para TDD entre 3.84 M símbolos/s y 240 k símbolos/s. El esquema de modulación es QPSK.

Los valores de algunos de estos parámetros pueden variar, ya que actualmente se está trabajando en la especificación de la interfaz radio UTRA, y por tanto los valores no están aún fijados definitivamente.

## 2.2.- Arquitectura de protocolos de la interfaz radio

Considerando la pila de protocolos en el plano de transporte de paquetes, existen dos posibles configuraciones referenciadas como alternativa clásica y como alternativa revolucionaria. En la alternativa clásica el protocolo IP llega al nivel de RNC, mientras que en la otra alternativa se hace llegar IP hasta el nodo B.

De estas dos alternativas para implementar la red de acceso del sistema UMTS: la primera es una evolución de la arquitectura clásica en el mundo de las telecomunicaciones, mientras que la segunda está basada en conceptos típicos de lo que se conoce como teoría de la información.

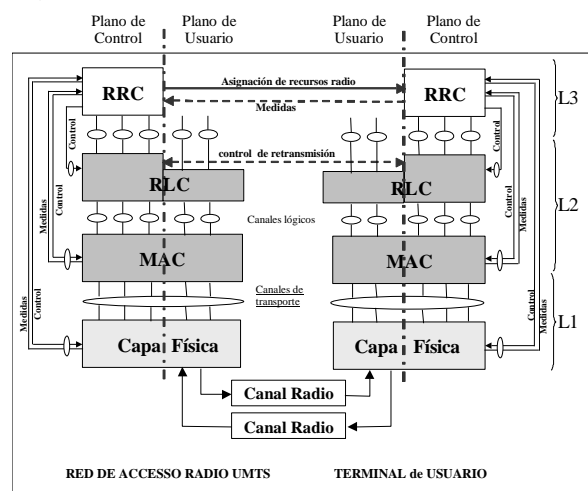
En la alternativa considerada como evolución de la arquitectura clásica, los mecanismos de control son una evolución directa de los mecanismos ya considerados en GPRS [2]. En este caso, hace falta estudiar las modificaciones que se deben introducir en la SNL ("Signalling Network Layer"), que es la capa responsable de gestionar la movilidad.

En la otra alternativa se debe considerar que:

1. El protocolo TCP/IP debe extenderse con características nuevas para soportar la movilidad de los terminales en las redes móviles. Actualmente, se está haciendo un esfuerzo común en el grupo de trabajo de mobile-IP, en el marco del IETF (Internet Engineering Task Force), para desarrollar un conjunto completo de especificaciones para proporcionar movilidad en Internet. Existe una versión de mobile-IP para IPv4, y también una para IPv6, ya que aunque éste incorpora alguna función de movilidad también se necesita el protocolo mobile-IP. Así pues se debe estudiar la función de movilidad ofrecida por las diferentes versiones para determinar si algunas de las características de mobile-IP son útiles y aplicables a la arquitectura orientada a la teoría de la información.
2. Una solución integrada para proporcionar voz y datos sobre IP se considera en esta arquitectura. Los paquetes enviados a través de la red IP pueden experimentar enormes variaciones de retardo. Para la mayoría de las aplicaciones en tiempo real, como la voz, esta varianza del retardo (con una media alta) hace que IP no sea adecuado para estas aplicaciones. En este sentido se deben investigar soluciones para soportar aplicaciones en tiempo real que van y vienen de nodos móviles. En primera aproximación, se pueden considerar soluciones como una posible evolución y adaptación del protocolo RVSP para la red móvil.

## 3.- ESTRUCTURA DEL EMULADOR

Con el objetivo de evaluar el impacto del acceso radio en los protocolos que se usan en los servicios de datos, se ha diseñado un emulador de las capas bajas (capa física, de datos y de enlace) para el modo UTRA-FDD (UMTS Terrestrial Radio Access – Frequency Division Duplex). La estructura a emular se puede ver en la *Figura 1*.



**Figura 1.** Estructura del emulador de la red de acceso radio.

### 3.1.- Metodología de diseño

Para construir el emulador se buscó la simplicidad y la flexibilidad. Por eso se decidió trabajar con diferentes módulos, de manera que sea fácil cambiar parámetros y funciones de cada una de las entidades involucradas. Con el objetivo de poder dar el máximo de difusión a nuestras investigaciones y pensando en otros futuros usuarios de este trabajo se buscó un lenguaje de programación que sea fácilmente entendible por alguien diferente del propio programador. El lenguaje que mejor se adaptó a nuestras necesidades es el SDL (Specification and Description Language). Este lenguaje fue inventado y estandarizado por la CCITT [3], para la especificación y descripción de sistemas principalmente en el campo de las telecomunicaciones.

Una especificación en lenguaje SDL se construye de forma jerárquica. En el nivel más alto hay la especificación del sistema, que está formado por uno o varios bloques que interaccionan entre ellos y con el entorno del sistema. La interacción se hace enviando y recibiendo señales a través de los canales. Un bloque contiene a su vez uno o varios procesos. Y un proceso contiene una descripción detallada, en SDL propiamente dicho, de una parte del funcionamiento del sistema.

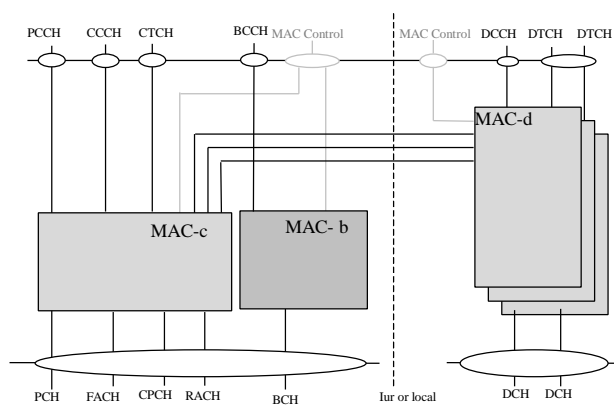
Para poder programar cómodamente con SDL se eligió la herramienta SDT (SDL Design Tool) que ofrece un software que permite de forma amigable crear sistemas con SDL.

### 3.2.- Diseño considerado

En la práctica, en el presente trabajo se optó por construir los módulos con técnicas diferentes, ya que estos son independientes. En concreto se ha creado un emulador de la capa física y los canales radio basado en un modelo oculto de Markov (HMM) con lenguaje C; se ha construido un simulador de las capas MAC y RLC con SDL, haciendo uso de la herramienta SDT, y; el Radio Resource Control se ha implementado con unas tablas que contienen diferentes estadísticas previamente obtenidas por otros trabajos de investigación.

Para el emulador de la capa física y los canales radio nos hemos basado en un trabajo de investigación que realizamos con anterioridad y que consistía en emular un canal radio para un sistema de comunicaciones móviles experimental denominado CoDiT [4], basado en una técnica de acceso CDMA. Las principales ventajas de este emulador fueron la reducción en tiempo, recursos y esfuerzos respecto a un simulador del mismo sistema, de manera que permitía trabajar en tiempo real. La adaptación de este emulador a un canal radio basado en la técnica WCDMA ha requerido repetir todas las simulaciones que se precisan para entrenar el modelo oculto de Markov. A diferencia del simulador que reproduce el comportamiento de cada una de las partes del sistema, el emulador ve el sistema como una caja negra y reproduce el comportamiento global. Los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios.

Para simular la capa de enlace de datos se ha usado la herramienta SDT que permite programar en lenguaje SDL. Para ello se ha estudiado las dos subcapas de esta capa por separado. En la simulación de la subcapa MAC (Medium Access Control) se ha considerado la arquitectura definida por el



**Figura 2.** Arquitectura MAC del UTRAN.

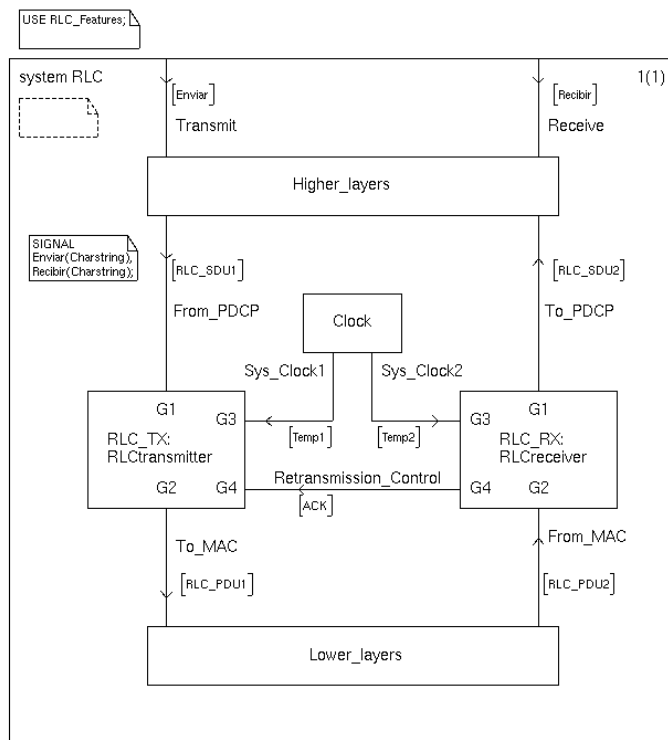
3GPP[5]. Esta arquitectura considera diferentes bloques que se encargan de diferentes funciones. En la *Figura 2* se muestra la arquitectura del MAC para la parte de red de acceso radio terrestre (UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network).

En la figura puede distinguirse el bloque MAC-b, que se encarga del canal de broadcast, el bloque MAC-c, que se encarga del resto de canales comunes, y los bloques MAC-d, que se encargan de los canales dedicados de los diferentes usuarios.

Por lo que se refiere a la subcapa RLC, de los diferentes modos de funcionamiento que están definidos por el 3GPP, se ha empezado por el modo reconocimiento (Acknowledge Mode). Este modo

es el más completo, ya que garantiza la entrega de paquetes al otro extremo de manera que si un paquete llega con error se avisa al extremo emisor y este lo retransmite. Para gestionar estas retransmisiones se ha escogido un sistema ARQ de repetición selectiva (Selective-Repeat) con un buffer de recepción finito.

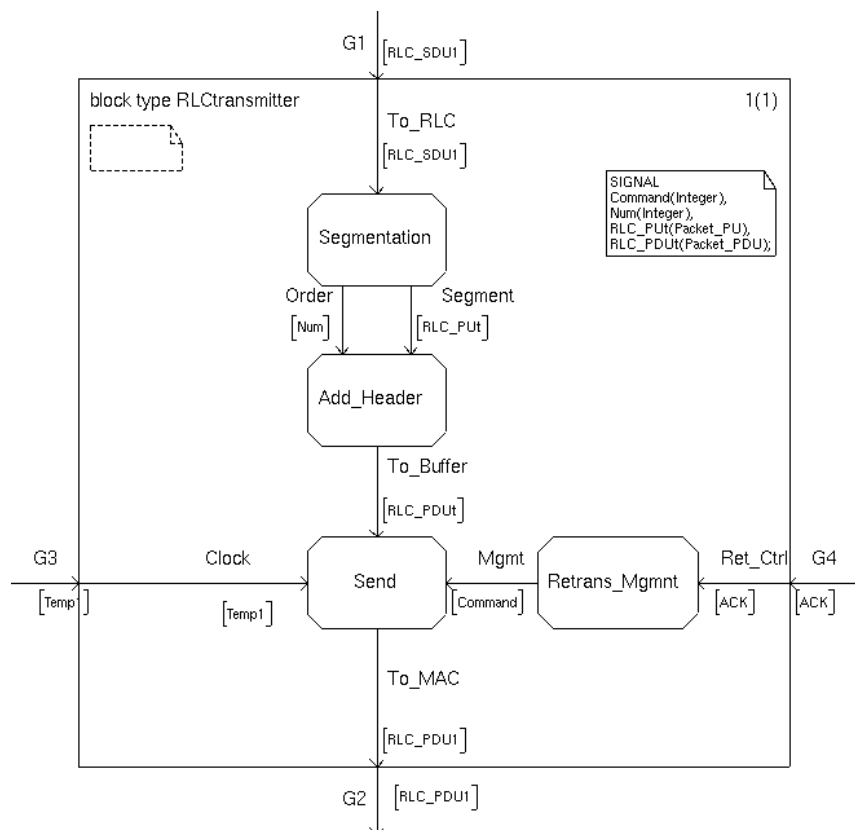
Para poder diseñar y validar la especificación de la RLC construida con SDT, se han creado dos bloques que representan, respectivamente, las capas superiores e inferiores a la RLC. En la *Figura 3* se presenta el sistema que se ha creado para la RLC, y que deberá integrarse con la subcapa MAC.



**Figura 3.** Sistema RLC creado con SDT.

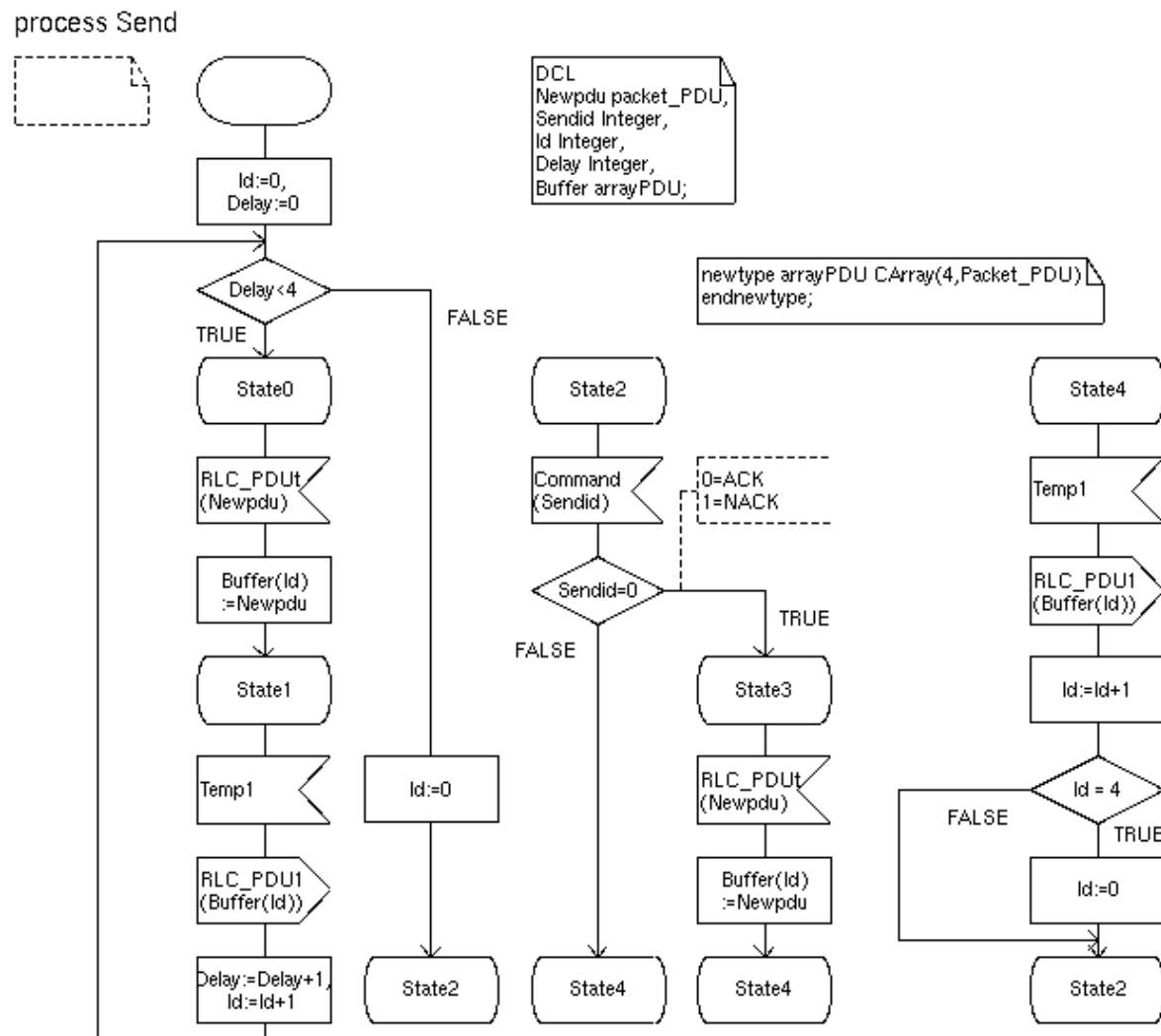
A modo de ejemplo, en la *Figura 4* se presenta el bloque transmisor del sistema especificado por la *Figura 3*. Este bloque está formado por cuatro procesos encargados de realizar las funciones asociadas al extremo que transmite de la subcapa RLC.

Estas funciones son básicamente: segmentar la información, añadir una cabecera, enviar los paquetes y gestionar las retransmisiones.



**Figura 4.** Bloque transmisor creado con SDT.

Y a su vez, si bajamos al nivel de proceso, en la *Figura 5* se muestra la descripción en lenguaje SDL del proceso *Send*.



**Figura 5.** Especificación del proceso *Send* con SDL.

La subcapa RLC cuando trabaja en modo reconocimiento utiliza el mecanismo de retransmisión Selective-Repeat, como se ha comentado anteriormente. En este ejemplo se ha considerado un valor del buffer de retransmisiones usado en este mecanismo, de cuatro paquetes. Eso significa que antes de pasar al régimen permanente de funcionamiento el extremo transmisor de la RLC debe enviar cuatro paquetes PDU (Packet Data Unit). En el diagrama de la *figura 5* se describe esta iniciación con las dos primeras columnas de símbolos. Los estados “State2”, “State3” y “State4” describen el funcionamiento de este proceso de envío en régimen permanente.

Con este pequeño ejemplo se pretende mostrar la sencillez del lenguaje SDL. A parte de las ventajas del mismo, el paquete de software SDT genera automáticamente el código C que puede ser insertado en otras herramientas de simulación. Esta característica permite insertar fácilmente el emulador de capa física y el simulador de capa de enlace de datos dentro del emulador de la red de acceso radio.

### **3.3.- Utilidad del emulador**

La función del emulador es evaluar el comportamiento de protocolos de capa superior y, probar diferentes mejoras de estos protocolos trabajando sobre una interfaz radio.

Con el emulador construido se pueden hacer pruebas, variando algunos parámetros, que permitan decidir cuál es la mejor configuración para el diseño de la red de acceso radio del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación. Los valores adecuados se pueden decidir estudiando el efecto de las diferentes configuraciones en protocolos de nivel superior y en aplicaciones.

Además, la utilización del emulador representa una importante reducción en tiempo de simulación con respecto a un simulador equivalente. Esta característica lo hace muy adecuado para trabajar en tiempo real, de manera que se pueden estudiar aplicaciones interactivas como la videoconferencia o la consulta de páginas WEB, a parte de las aplicaciones no interactivas como el correo electrónico.

Finalmente el hecho de poder cambiar parámetros con facilidad y evaluar diferentes aplicaciones, aporta al emulador una flexibilidad que lo convierte en una potente plataforma de test.

### **4.- CONCLUSIONES**

En este artículo se ha presentado un emulador de la red de acceso radio para el sistema de comunicaciones móviles de tercera generación UMTS. La construcción de este emulador es muy importante para desarrollar o adaptar los diferentes protocolos de los servicios de paquetes que se requieren en los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación.

El emulador está formado por diferentes partes que se han construido separadamente. En el artículo se explica la metodología de diseño así como el diseño considerado para simular la capa de enlace de datos, haciendo uso de la herramienta SDT. Actualmente las partes correspondientes al RLC y a la capa física ya están diseñadas, y se está trabajando en el diseño del MAC y en la integración de estas partes.

La posibilidad de trabajar en tiempo real y la flexibilidad son las principales ventajas que presenta el emulador. Efectivamente, la enorme reducción de tiempo, recursos y complejidad permiten estudiar aplicaciones que requieren transmitir información en tiempo real. Además, gracias a la flexibilidad se pueden emular diferentes escenarios de los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación.

El emulador es, por consiguiente, una herramienta muy interesante dentro del proceso de estandarización de los futuros sistemas de tercera generación.

### **5.- REFERENCIAS**

- [1] Erik Dahlman, Björn Gudmundson, Mats Nilsson, and Johan Sköld, "UMTS/IMT-2000 Based on Wideband CDMA", IEEE Communications Magazine, September 1998, pp 70-80.
- [2] Jian Cai and David J. Goodman, "General Packet Radio Service in GSM", IEEE Communications Magazine, October 1997, pp 122-131.
- [3] ITU, "CCITT Recommendation Z.100: Specification and Description Language SDL", Blue Book, volume VI.20-VI.24, 1988.
- [4] PG Andermo, "Overview of CoDiT Project". Race Mobile Telecommunications Summit, pp 33-42, Cascais, Novembre 1995.
- [5] 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP), "MAC protocol specification", 3G Technical Specification 25.321 v3.3.0, March 2000.